

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электроэнергетических систем (ЭЭС)

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Проектирование импульсного конденсатора внутренней установки на 100 кВ в изоляционном корпусе</b>

УДК 621.319.4:621.374

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Игнатьев Михаил Олегович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пичугина М.Т.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Изоляция электротехнического оборудования высокого напряжения»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Важов В.Ф.	к.т.н.		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Потехина Н.В.	-		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Романцов И.И..	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О	доцент, к.т.н.		

Томск – 2016 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт ЭНИН

Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электроэнергетических систем (ЭЭС)

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_  
(Дата)      А.О.Сулайманов  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
5А2В	Игнатьеву Михаилу Олеговичу

Тема работы:

Проектирование импульсного конденсатора внутренней установки на 100 кВ в изоляционном корпусе	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	2.02.2016, №653/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	В данной работе рассчитывается и проектируется импульсный конденсатор внутренней установки с бумажно-масляной изоляцией с параметрами: <ul style="list-style-type: none"><li>• Номинальное напряжение 100 кВ;</li><li>• Емкость 0,25 мкФ;</li><li>• Масло касторовое;</li><li>• Корпус изоляционный;</li><li>• Напряжение апериодическое 1,2/50;</li><li>• Время жизни <math>10^5</math> имп.;</li><li>• Частота 0,5 имп/с.</li></ul>
<b>Перечень вопросов подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b>	Основной вопрос, который рассматривается в данной работе – проектирование импульсного конденсатора с бумажно-масляной изоляцией. В ходе решения этого вопроса проводится краткое изучение устройства конденсаторов различных типов, производятся электрический, тепловой расчеты, а также его конструирование.  Актуальность исследования данной темы обусловлена тем, что на данный момент конденсаторы с бумажно-

	<p>масляной изоляцией являются наиболее распространенными в энергосистеме России, и их замена на более совершенные конденсаторы с бумажно—плёночно-масляной изоляцией займет довольно продолжительное время.</p> <p>К дополнительным вопросам относятся раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», в котором производится технико-экономическое обоснование исследовательской работы, а также раздел «Социальная ответственность», в котором рассматриваются проблемы обеспечения безопасности жизнедеятельности.</p>
<b>Перечень графического материала</b>	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Изоляция электротехнического оборудования высокого напряжения	Важов В.Ф.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Потехина Н.В.
Социальная ответственность	Романцов И.И.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пичугина М.Т.	К.Т.Н.		6.03.2016

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Игнатьев М.О.		6.03.2016

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5A2B	Игнатьев Михаил Олегович

Институт	Энергетический	Кафедра	ЭЭС
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Электроэнергетика и электротехника

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску Оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	30% районный коэффициент 30 % премии 20 % надбавки 16% накладные расходы
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	27,1% отчисления на социальные нужды

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Анализ конкурентных технических решений. Оценки перспективности проекта по технологии QuaD.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления на социальные цели; - накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей
3. Календарный план-график Ганта
4. Материальные затраты
5. Расчет бюджета затрат НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Потехина Н.В.	-		27.04.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Игнатьев Михаил Олегович		27.04.2016

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
5A2B	Игнатьев Михаил олегович

<b>Институт</b>	<b>Энергетический</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Электроэнергетических систем</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Бакалавриат</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>Электроэнергетика и электротехника</b>

### Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеословия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</li> <li>– негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</li> <li>– чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</li> </ul>	<p>Помещение закрытого типа с естественной вентиляцией воздуха. Помещение имеет как искусственный, так и естественный источник освещения. Основное рабочее оборудование – ПЭВМ.</p> <p>- Физические вредные факторы: отклонение показателей микроклимата в помещении, недостаточная освещенность, повышения уровня шума, превышение электромагнитных и ионизирующих излучений</p> <p>- Психофизиологические вредные факторы: монотонный режим работы.</p> <p>- Физические опасные факторы: электрический ток.</p> <p>- Негативное влияние на окружающую среду: бытовые отходы.</p> <p>- Чрезвычайные ситуации: пожар.</p>
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме.	ГОСТ 12.0.003-74 (с измен. 1999 г.), СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, СН 2.2.4/2.1.8.562–96, СН 2.2.4/2.1.8.556–96.

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p>- Вредные факторы</p> <p>- Негативное влияние электромагнитного и ионизирующего излучения отрицательно влияет на иммунную, нервную, эндокринную и дыхательную системы. Шум негативно влияют на психофизиологическое состояние.</p> <p>- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Напряженность электрического поля в диапазоне частот 5 Гц– 2 кГц не должна превышать 25 В/м, а в диапазоне частот 2 кГц – 400 кГц не больше 2,5 В/м.</p> <p>- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. При конструировании и проектировании уровень звукового давления не должен превышать 50 дБА.</p> <p>- Уменьшение мощности блока питания компьютера, сокращение времени пребывания за компьютером, перерывы.</p>
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей	<p>- Установлены удлинители в розетках (эл. сеть перегружена)</p> <p>- Физические опасные факторы: электрический</p>

<p><i>последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p>ток.</p> <p>- Возможные причины пожара: возникновение КЗ в проводке.</p>
<p><b>3.</b> Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	<p>- Бытовые отходы. Отходы, образующиеся при поломке ПЭВМ.</p>
<p><b>4.</b> Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	<p>- Возможные ЧС: пожар.</p> <p>- Оповещения при пожаре, датчики дыма.</p> <p>- План эвакуации.</p>
<p><b>5.</b> Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>- Право на условие труда, отвечающие требованиям безопасности и гигиены.</p> <p>- Использовать оборудования и мебель согласно антрометрическим данным.</p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Романцов И.И.	к.т.н.		10.05.16

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5A2B	Игнатьев Михаил Олегович		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт ЭНИН  
Направление подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника  
Уровень образования бакалавр  
Кафедра Электроэнергетических систем (ЭЭС)  
Период выполнения Весенний семестр 2015/2016 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	9.06.2016
--	-----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.03.2016 г.	Электрический расчет	6
02.04.2016 г.	Тепловой расчет	6
25.04.2016 г.	Удельные характеристики конденсатора	3
05.05.2016 г.	Построение сборочного чертежа	5
15.05.2016 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
25.05.2016 г.	Социальная ответственность	5
04.06.2016 г.	Оформление работы	10
09.06.2016 г.	Итог	40

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Пичугина М.Т.	к.т.н.		6.03.2016

**СОГЛАСОВАНО:**

Зав. Кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭЭС	Сулайманов А.О.	доцент, к.т.н.		

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа, содержит 76 листов, 11 рисунков, 18 таблиц, 14 источников, 3 приложения.

Ключевые слова: конденсатор, бумажно-масляная изоляция, диэлектрик, апериодический разряд конденсатора, частичные разряды, конденсаторная бумага, диэлектрическая плёнка.

Объектом исследования является импульсный конденсатор внутренней установки с бумажно-масляной изоляцией на напряжение 100 кВ в изоляционном корпусе.

Цель работы – расчет импульсного конденсатора внутренней установки на напряжение 100 кВ, а именно, электрический, тепловой расчеты конденсатора, а также расчет удельных характеристик и конструирование конденсатора.

В процессе работы использовались современные программные продукты Microsoft Word 2010, Microsoft Excel 1020, MathCAD 14, КОМПАС.



## Термины и определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**апериодический разряд конденсатора:** Разряд, при котором не происходит затухающих колебаний напряжения на обкладках конденсатора, а это напряжение постепенно убывает до нуля.

**бумажно-масляная изоляция (БМИ):** Это изоляция, являющаяся неоднородным слоистым диэлектриком, представляющим собой слой бумаги, пропитанной минеральным маслом, и масляные прослойки, заполняющие зазоры между слоями бумаги.

**диэлектрик:** Вещество (материал), практически не проводящее электрический ток.

**диэлектрическая пленка:** Тонкий слой материала, обладающий высокими электроизоляционными свойствами и механической прочностью.

**диэлектрические потери:** Энергия, рассеиваемая в электроизоляционном материале под воздействием на него электрического поля.

**изоляция:** Элемент, препятствующий прохождению электрического тока.

**конденсатор:** Устройство для накопления заряда и энергии электрического поля.

**конденсаторная бумага:** Электроизоляционная бумага с высокими показателями пробивного напряжения и сопротивления разрыву, применяемая в качестве диэлектрика в электрических конденсаторах.

**тангенс угла диэлектрических потерь ( $\operatorname{tg}\delta$ ):** Безразмерная величина, характеризующая рассеяние электрической энергии в конденсаторе, связанное с

переходом этой энергии в тепловую (нагревом конденсатора) и рассеянием в окружающей среде.

**частичный разряд (ЧР):** Это искровой разряд очень малой мощности, который образуется внутри изоляции ввода или на ее поверхности из-за наличия микродефектов.

## Оглавление

Введение.....	13
1 Особенности изоляционных материалов, применяемых в импульсных конденсаторах.....	14
1.1 Жидкие диэлектрики в импульсных конденсаторах .....	14
1.2 Конденсаторная бумага и пленочные диэлектрики .....	17
2 Электрический расчет конденсатора .....	22
2.1 Выбор материалов. Расчет диэлектрической проницаемости.....	22
2.2 Выбор рабочей и испытательной напряженностей в диэлектрике конденсатора.....	26
2.3 Расчет секции конденсатора .....	27
2.4 Конструирование пакета секций. Расчет корпусной изоляции.....	32
2.5 Расчет выводов конденсатора.....	35
3 Тепловой расчет конденсатора .....	37
3.1 Расчет потерь в диэлектрике.....	38
3.2 Расчет потерь в металлических частях .....	39
3.3 Расчет максимальной температуры внутри конденсатора .....	40
4 Удельные характеристики конденсатора.....	42
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсоснабжение .....	43
5.1 Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсоснабжения .....	43
5.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	47
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	47
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	48
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	49
5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	53
5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	53
5.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы .....	53
5.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	56
5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	56
5.3.5 Накладные расходы .....	57

5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ..	58
5.4 Определение ресурсной эффективности исследования .....	59
6 Социальная ответственность .....	61
6.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды.....	61
6.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды .....	64
6.3 Охрана окружающей среды .....	65
6.4 Защита в чрезвычайных ситуациях .....	66
6.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	68
Заключение .....	70
Список используемой литературы .....	71
Приложение А .....	73
Приложение Б .....	74
Приложение В.....	75

## Введение

Высоковольтные импульсные конденсаторы находят самое широкое распространение в различных областях науки и техники. Они широко используются в установках для высоковольтных импульсных испытаний силовых трансформаторов, аппаратов, кабелей и внешней изоляции линии электропередачи: генераторы импульсных напряжений, генераторы коммутационных перенапряжений, генераторы импульсных токов.

Импульсные конденсаторные установки используются для ряда электротехнологических целей – магнитной штамповки, дробления пород, сейсмической разведки и др. Емкостные накопители энергии с использованием импульсных конденсаторов также применяются во многих электрофизических установках: для получения и исследования высокотемпературной плазмы, для создания сверхсильных импульсных токов и магнитных полей. Эти конденсаторы применяются для получения мощных импульсных источников света, в лазерной, в локационной и ракетной технике.

Импульсные конденсаторы должны обладать;

- 1) возможно большим запасом энергии в единице объема;
- 2) малой внутренней индуктивностью и относительно хорошей добротностью;
- 3) высокой динамической устойчивостью внутренних соединений секции и групп секций, а также контактных соединений;
- 4) конструкций, обеспечивающей возможно меньшие габариты и удобное соединение конденсаторов в батареи малой индуктивности;
- 5) достаточным сроком службы в режиме многократных разрядов на малую индуктивность.

Как правило, импульсные конденсаторы работают в условиях воздействия высокого напряжения, что вызывает необходимость тщательного научно-обоснованного подхода к выбору электроизоляционных материалов и рабочей напряженности с учетом воздействия многочисленных факторов.

## **5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **5.1 Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

В данном разделе ВКР производится анализ и планирование комплекса работ в рамках научного исследования. Будут определены такие параметры как конкурентоспособность выполненного проекта, трудоемкость проводимых работ, а также будет создан график проведения работ, произведен расчет стоимости материальных затрат, заработной платы и сформирован бюджет затрат на проектирование.

Необходимость проведения данного анализа обусловлена постоянной подвижностью рынка, появлением новых усовершенствованных разработок. Такой анализ так же позволяет увидеть новые коррективы, которые можно внести в научное исследование, чтобы сделать его успешнее как в техническом, так и в экономическом плане.

В ходе проведения анализа важно рассмотреть и объективно оценить сильные и слабые стороны конкурентных разработок. Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, для чего необходимо отобрать несколько конкурентных товаров и разработок.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, ,$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

В настоящее время существует небольшое количество типов конструкций изоляции конденсаторов, имеющих различные конструктивные и эксплуатационные особенности. Для проведения анализа были выбраны наиболее популярные конкурентные разработки, такие как конденсаторы с бумажно-масляной (БМИ) и бумажно-плёночно-масляной изоляцией (БПМИ).

Оценка конкурентоспособности технических решений представлена в таблице 8.

Таблица 8 – Оценка конкурентоспособности технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		БМИ	БПМИ	БМИ	БПМИ
Надежность работы	0,091	5	4	0,455	0,364
Габаритные размеры	0,073	4	3	0,291	0,218
Электрическая прочность изоляции	0,091	4	5	0,364	0,455
Гигроскопичность изоляции	0,055	4	4	0,218	0,218
Механическая прочность	0,091	4	4	0,364	0,364
Простота изготовления	0,055	5	3	0,273	0,164
Пожаробезопасность	0,091	5	4	0,455	0,364
Эффективность системы охлаждения	0,091	5	4	0,455	0,364
Простота обслуживания	0,073	4	3	0,291	0,218
Цена	0,091	5	4	0,455	0,364
Предполагаемый срок эксплуатации	0,091	5	5	0,455	0,455
Затраты на обслуживание	0,055	5	4	0,273	0,164

Продолжение таблицы 8

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		БМИ	БПМИ	БМИ	БПМИ
Финансирование научной разработки	0,055	3	3	0,164	0,164
	1			4,509	3,927

По результатам проведения анализа можно сказать о том, что в данный момент проектируемая разработка, а именно импульсный конденсатор с бумажно-масляной изоляцией, является наиболее конкурентоспособной. Другой метод оценки перспективности проекта – это технология QuaD. Она представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.



Таблица 9 – Оценочная карта QuaD

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
Надежность работы	0,089	90	100	0,9	0,080
Габаритные размеры	0,071	70	100	0,7	0,050
Электрическая прочность изоляции	0,071	80	100	0,8	0,057
Технические характеристики	0,089	90	100	0,9	0,080
Механическая прочность	0,089	80	100	0,8	0,071
Простота изготовления	0,054	65	100	0,65	0,035
Пожаробезопасность	0,089	80	100	0,8	0,071
Простота обслуживания	0,071	65	100	0,65	0,046
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
Цена	0,089	80	100	0,8	0,071
Предполагаемый срок эксплуатации	0,089	70	100	0,7	0,063
Затраты на обслуживание	0,054	60	100	0,6	0,032
Финансирование научной разработки	0,054	60	100	0,6	0,032
Конкурентоспособность продукта	0,089	90	100	0,9	0,080
Итого	1			77,05	56

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$П_{\text{ср}} = \sum B_i \cdot Б_i,$$

где  $П_{\text{ср}}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

## 5.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ производится в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения работ по проектированию формируется группа, в состав которой входят руководитель и инженер. Перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, а также распределение исполнителей по видам работ приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Электрический расчет конденсатора	Инженер
	7	Тепловой расчет конденсатора	Инженер
	8	Расчет удельных характеристик конденсатора	Инженер

## Продолжение таблицы 10

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Обобщение и оценка результатов	9	Анализ и оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка сборочного чертежа	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

### 5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожи}$  используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{махи}}{5},$$

где  $t_{ожи}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{мини}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{махи}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ . Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i},$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Пример расчета (составление и утверждение технического задания), для остальных работ расчет проводится аналогично:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 7}{5} = 4 \text{ чел-дней};$$

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч} = \frac{4}{2} = 2 \text{ дня};$$

### 5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

График проведения научного исследования представим в форме диаграммы Ганта, горизонтального ленточного графика, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполненных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}},$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$  – количество праздничных дней в году.

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,48 \text{ для 5-дневной рабочей недели;}$$

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{366}{366 - 66} = 1,22 \text{ для 6-дневной рабочей недели;}$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ки}$  округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу 11.

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабо- чих днях $T_{pi}$	Длительность работ в кален- дарных днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ож\bar{i}}$ , чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Составление технического задания	4		6		5		3		4	
Подбор и изучение ма- териалов по теме		6		8		7		4		6
Выбор направления ис- следований		3		4		3		2		3
Календарное планиро- вание работ по теме	11		15		13		7		8	
Проведение теоретических расчетов и обоснований		9		12		10		5		7
Электрический расчет		10		14		12		6		9

Продолжение таблицы 11

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабо- чих днях $T_{pi}$	Длительность работ в кален- дарных днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{о.ж.и}$ , чел-дни					
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер
Тепловой расчет		12		16		14		7		10
Расчет удельных характеристик конденсатора		15		21		18		9		13
Оценка эффективности полученных результатов	11		15		13		7		8	
Построение сборочного чертежа		16		20		18		9		13
Составление поясни- тельной записки		7		9		8		4		6

Пример расчета (составление и утверждение технического задания), для остальных работ расчет проводится аналогично:

$$T_k = T_p \cdot k_{кал} = 3 \cdot 1,22 = 3,66 \approx 4 \text{ дня.}$$

На основе таблицы 4 строим календарный план-график для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. Полученный график представлен в виде таблицы 12.

Таблица 12 – Календарный план-график Ганта

№ работ	Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	4														
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	6														
3	Выбор направления исследований	Инженер	3														
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	8														
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер	7														
6	Электрический расчет	Инженер	9														
7	Тепловой расчет конденсатора	Инженер	10														
8	Удельные характеристики конденсатора	Инженер	13														
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель	8														
10	Построение сборочного чертежа	Инженер	13														
11	Составление пояснительной записки)	Инженер	6														

 – руководитель,  – инженер.

Итого длительность работ в календарных днях руководителя составляет 20 дней, а инженера 67 дней.

## 5.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

### 5.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта. К ним относятся материалы, необходимые для изготовления продукции, покупные материалы, используемые в процессе производства продукции для обеспечения нормального технологического процесса.

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносим в таблицу 13.

Таблица 13 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (З <sub>м</sub> ), руб.
Бумага для принтера, формат А4	Шт	200	2	400
Картридж для принтера	Шт	1	2000	2000
Набор настольный канцелярский	Шт	1	200	200
Итого				2600

### 5.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.



Месячный должностной оклад для руководителя:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 23264,86 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 45366 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад для инженера:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 14584,32 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 28439 \text{ руб.,}$$

где  $З_{\text{мс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3;

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет 0,2;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для города Томска);

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}},$$

где  $З_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дней  $М=11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $М=10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 14).

Таблица 14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней:		
• выходные дни	52	105
• праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени:		
• отпуск	48	24
• невыходы по болезни	7	7
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	216

Таким образом, для руководителя и инженера соответственно:

$$3_{\partial H} = \frac{3_M \cdot M}{F_{\partial}} = \frac{45366 \cdot 10,4}{245} = 1925,7 \text{ pyб.},$$

$$3_{\partial H} = \frac{3_{\mathcal{M}} \cdot M}{F_{\partial}} = \frac{28439 \cdot 11,2}{216} = 1474,6 \text{ руб.},$$

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$3_{\text{осн}} = 3_{\text{лн}} \cdot T_p,$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 15);

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Для руководителя и инженера соответственно:

$$3_{оч} = 3_{дн} \cdot T_p = 1925,7 \cdot 20 = 36588,3 \text{ руб.};$$

$$3_{оч} = 3_{дн} \cdot T_p = 1474,6 \cdot 67 = 98798,2 \text{ руб.},$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Таблица 15 – Расчет основной заработной платы

[illegible]

### 5.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн},$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Тогда для руководителя и инженера соответственно:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,14 \cdot 36588,3 = 5122,36 \text{ руб.};$$

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн} = 0,14 \cdot 98798,2 = 13831,75 \text{ руб.};$$

где  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы, равный 0,14.

### 5.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}),$$

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1

ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	36588,3	5122,36
Инженер	98798,2	13831,75
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого		
Руководитель	11303,6	
Инженер	30522,7	

### 5.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{нр},$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

$$\begin{aligned} З_{накл} &= (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{нр} = (З_{м} + З_{осн} + З_{доп} + З_{внеб}) \cdot 0,16 = \\ &= (73805 + 135386,6 + 18954,11 + 41826,3) \cdot 0,16 = 43195,5 \text{ руб.}, \end{aligned}$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

### 5.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	%
1. Материальные затраты НТИ	2600	1,1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	135386,6	56
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	18954,11	7,8
4. Отчисления во внебюджетные фонды	41826,3	17,3
5. Накладные расходы	43195,5	17,8
6. Бюджет затрат НТИ	241962,51	100

В результате проведения расчетов по основным статьям, составляющим бюджет научно-исследовательского проекта, была составлена итоговая таблица, где наглядно представлено, что сумма бюджета затрат НТИ составила 241962,51 рублей, причем наибольшая часть затрат приходится на выплату основной заработной платы исполнителям темы (56%).

#### 5.4. Определение ресурсной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности. Так как определение финансовой эффективности не представляется возможным в данном случае, произведем оценку ресурсоэффективности научной разработки.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в форме таблицы (таблица 18).

Таблица 18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1 БМИ	Исп.2 БПМИ
Надежность работы	0,147	5	4
Габаритные размеры	0,118	4	3
Электрическая прочность изоляции	0,118	4	5
Технические характеристики	0,147	5	5
Механическая прочность	0,147	4	3
Простота изготовления	0,088	5	3
Пожаробезопасность	0,147	5	4
Простота обслуживания	0,088	4	3
ИТОГО	1	4,529	3,824

В результате выполнения заданий данного раздела была произведена оценка конкурентоспособности. Значение показателя перспективности ( $P_{\text{ср}}$ ) составляет 56 - это говорит о том, что перспективность НТИ выше среднего. По результатам расчетов было установлено, что длительность работ в календарных днях для руководителя составляет 19 дней, а для инженера 67 дней. Сумма бюджета затрат НТИ составила 241962,51 рублей. С точки зрения ресурсной эффективности, для решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи был выбран наиболее подходящий и выгодный вариант, так как именно он имеет наибольший интегральный показатель ресурсоэффективности (4,529).